

# Analiza čimbenika koji utječu na proizvodnost iverača

---

**Zadro, Antonio**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:498826>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-07**



*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**  
**ŠUMARSKI ODSJEK**  
**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**  
**ŠUMARSTVO – SMJER TEHNIKA, TEHNOLOGIJA I MANAGEMENT U ŠUMARSTVU**

**ANTONIO ZADRO**

**ANALIZA ČIMBENIKA KOJI UTJEČU NA PROIZVODNOST  
IVERAČA**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, RUJAN, 2019.**

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**  
**ŠUMARSKI ODSJEK**

**ANALIZA ČIMBENIKA KOJI UTJEČU NA PROIZVODNOST  
IVERAČA**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Šumarstvo – Smjer Tehnika, tehnologija i management u šumarstvu

Predmet: Pridobivanje drva II.

Ispitno povjerenstvo:     1.   doc. dr. sc. Dinko Vusić  
                                  2.   prof. dr. sc. Željko Zečić  
                                  3.   doc. dr. sc. Andreja Đuka

Student: Antonio Zadro

JMBAG: 0068220187

Broj indeksa: 936/17

Datum odobrenja teme: 25.04.2019.

Datum predaje rada: 17.09.2019.

Datum obrane rada: 27.09.2019.

**Zagreb, rujan, 2019.**

## DOKUMENTACIJSKA KARTICA

|                     |   |
|---------------------|---|
| Naslov              | Analiza čimbenika koji utječu na proizvodnost iverača   |
| Title               | Analysis of factors affecting the wood chipper productivity   |
| Autor               | Antonio Zadro   |
| Adresa autora       | Matije Gupca 2. odvojak 7, 32254 Vrbanja  |
| Mjesto izrade       | Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu   |
| Vrsta objave        | Diplomski rad   |
| Mentor              | doc. dr. sc. Dinko Vusić  |
| Izradu rada pomogao |   |
| Godina objave       | 2019.   |
| Obujam              | 30 stranica +3 tablice + 20 slika + 22 navoda citirane literature   |
| Ključne riječi      | drvena sječka, tehnički maseni udio vode, stanje noževa   |
| Key words           | wood chips, moisture content, knife condition   |
| Sažetak             | <p>Cilj istraživanja bio je utvrditi intenzitet kojim pojedini čimbenici utječu na proizvodnost iverača. Prilikom provođenja studija rada i vremena u svrhu utvrđivanja strukture vremena i proizvodnosti evidentirani su i podaci o značajkama sirovine, čimbenicima organizacije radilišta te postavkama i stanju iverača.</p> <p>Na temelju terenskih mjerenja rada iverača primjenom matematičko-statističkih metoda analiziran je utjecaj pojedinih čimbenika na proces iveranja.</p> <p>Tijekom tehnološkog procesa proizvodnje drvene sječke dolazi do preklapanja pojedinih kategorija prekida, a navedena preklapanja pružaju mogućnost optimizacije iveranja na način da se prilikom organizacijskih prekida – čekanja i promjene kamiona nastoje u što većoj mjeri realizirati povremeni radovi (premještanje iverača i uhrpavanje) i ostali prekidi koji je moguće predvidjeti.</p> <p>Korištenje tupih noževa rezultiralo je na oba radilišta utroškom dodatnih 25 % vremena za radni zahvat iveranje u odnosu na korištenje oštirih noževa. Razlika tehničkog masenog udjela u iznosu 10,8 % nije značajno utjecala na normu vremena radnog zahvata iveranje, kada se promatra utrošak vremena u odnosu na količinu proizvedene drvene sječke, iskazanu u tonama prema odvagama. No, kada se rezultati promatraju na razini atro tone drvene sječke, norma vremena radnog zahvata iveranje raste za 21,9 % pri iveranju sirovine sa višim udjelom vode i ukazuje iznimno pozitivan efekt prirodnog prosušivanja sirovine.</p> |



**IZJAVA  
O IZVORNOSTI RADA**

**OB ŠF 05 07**

Revizija: 1

Datum: 28.6.2017.

„Izjavljujem da je moj *diplomski rad* izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam *koristio* drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

---

*vlastoručni potpis*

*Antonio Zadro*

U Zagrebu, 17. 09. 2019.

## POPIS SLIKA

|   |    |
|---|----|
| Slika 1. Iverač ugrađen na poluprikolicu .....  | 2  |
| Slika 2. Samohodni iverač - Albach.....   | 2  |
| Slika 3. Princip rada diskovnog iverača (Kaltschmitt i Hartmann, 2001).....   | 4  |
| Slika 4. Princip rada bubanjskog iverača (McCallum, 1997) .....   | 4  |
| Slika 5. Skladišni prostor drvne sječke, „UNI VIRIDAS“ Babina Greda .....   | 5  |
| Slika 6. Mjesto istraživanja – šumarije Vrbanja i Strošinci .....   | 9  |
| Slika 7. Odsjeci 98e, 98g, 99b, 100b, 101a, G.J. „Debrinja“ i mjesto iveranja (X) .....   | 11 |
| Slika 8. Uhrpana sirovina na radilištu Strošinci.....   | 12 |
| Slika 9. Odsjek 103a, G.J. „Vrbanjske Šume“ i mjesto iveranja (X).....  | 13 |
| Slika 10. Uhrpana sirovina na radilištu Vrbanja .....   | 14 |
| Slika 11. Motor iverača Diamant 2000 ( <a href="http://www.albach-maschinenbau.de/de_DE/">http://www.albach-maschinenbau.de/de_DE/</a> )<br>..... | 15 |
| Slika 12. Rotor generacije 7 s noževima .....   | 16 |
| Slika 13. Prikaz radijusa okretanja krana dizalice i tornja za istovar.....   | 17 |
| Slika 14. Proces iveranja na radilištu Strošinci .....  | 18 |
| Slika 15. Proces iveranja na radilištu Vrbanja .....  | 18 |
| Slika 16. Struktura snimljenih vremena na radilištu Strošinci .....   | 22 |
| Slika 17. Struktura snimljenih vremena na radilištu Vrbanja.....  | 23 |
| Slika 18. Oštrenje noževa na iveraču .....  | 25 |
| Slika 19. Ovisnost utroška vremena iveranja o masi tovara i stanju noževa na radilištu<br>Strošinci.....  | 26 |
| Slika 20. Ovisnost utroška vremena iveranja o masi tovara i stanju noževa na radilištu<br>Vrbanja.....  | 27 |

## **POPIS TABLICA**

|   |    |
|---|----|
| Tablica 1. Parametri učinkovitosti iverača (Krajnc, 2011) .....                               | 3  |
| Tablica 2. Odnos snage iverača i učinka na potrošnju goriva (Kuptz i Hartmann, 2014) .....    | 7  |
| Tablica 3. Struktura snimljenih vremena i proizvedenih količina drvene sječke po danima ..... | 20 |

# SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| <b>1. UVOD</b> .....   | 1  |
| <b>2. PROBLEMATIKA I CILJ ISTRAŽIVANJA</b> .....                               | 2  |
| 2.1. Iverači.....  | 2  |
| 2.1.1. Podjela iverača.....  | 2  |
| 2.1.2. Proizvodnost iverača.....   | 4  |
| 2.2. Cilj istraživanja .....   | 8  |
| <b>3. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA</b> .....                                | 9  |
| 3.1. Mjesto istraživanja .....   | 9  |
| 3.1.1. Radilište Strošinci .....   | 10 |
| 3.1.2. Radilište Vrbanja.....  | 12 |
| 3.2. Materijal istraživanja.....   | 14 |
| 3.3. Metode istraživanja .....   | 17 |
| <b>4. REZULTATI S RASPRAVOM</b> .....  | 20 |
| 4.1. Struktura snimljenih vremena .....  | 21 |
| 4.1.1. Struktura snimljenih vremena na radilištu Strošinci .....               | 21 |
| 4.1.2. Struktura snimljenih vremena na radilištu Vrbanja.....                  | 23 |
| 4.2. Usporedba radilišta s obzirom na strukturu snimljenih vremena .....       | 24 |
| 4.3. Utjecaj stanja noževa na utrošak vremena za iveranje .....                | 26 |
| 4.4. Utjecaj tehničkog masenog udjela vode na utrošak vremena za iveranje..... | 27 |
| <b>5. ZAKLJUČAK</b> .....  | 29 |
| <b>6. LITERATURA</b> .....   |    |



## **PREDGOVOR**

Ovaj rad izrađen je na Zavodu za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskog Fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom doc. dr. sc. Dinka Vusića.

Zahvaljujem mentoru na stručnoj pomoći pri izradi diplomskog rada te prenesenom znanju iz ovog područja šumarstva koje me je dodatno potaknulo na pisanje ovog rada.

Zahvaljujem profesorima Šumarskog Fakulteta te kolegama iz 5.T zbog kojih je studiranje bilo puno više od studiranja.

Posebno zahvaljujem svojoj obitelji, bližnjima i prijateljima koji su mi bili podrška tokom cijelog školovanja.

Antonio Zadro

## 1. UVOD

Šumska biomasa kao obnovljivi izvor energije na europskoj i svjetskoj razini u cilju očuvanja okoliša i drugih dobrobiti društva zauzima sve veći udio u zamjeni fosilnih goriva (Zečić i dr. 2012).

Zadnjih desetak godina svjedočimo velikim promjenama na europskom tržištu energijskog drva uslijed primjene odredbi akcijskih planova za obnovljivu energiju. Mobilizirane su značajne količine šumske biomase za proizvodnju drvene sječke i peleta, a kako mnoge zemlje nisu mogle proizvodnjom pratiti potražnju značajne su količine morale biti namirene uvozom koji je potaknuo proizvodnju čvrstih biogoriva u okruženju (Vusić i Đuka, 2015).

Početak proizvodnje drvene sječke u Republici Hrvatskoj 2007. godine vezan je također za nedostatak energijskoga drva u susjednim zemljama (Vusić, 2013), ali i uz izazove povezane sa uspostavom šumskog reda u nizinskim hrastovim šumama na dotadašnji način – samoizradom (Bosner i dr., 2008).

U Hrvatskoj se proizvodnja šumske drvene sječke za energiju danas odvija gotovo isključivo na pomoćnom stovarištu, i to iz prethodno izvezene, uhrpane i prosušene drvene biomase (pretežno iz krošnje, uključujući i obujam granjevine ispod 7 cm s korom), a iveranje se najčešće obavlja neposredno u poluprikolicu kamiona tegljača (Vusić, 2013).

Tehnološki proces iveranja, iako u svijetu relativno detaljno istražen, moguće je dodatno unaprijediti na temelju rezultata sustavnih istraživanja kojima će biti obuhvaćenje specifičnosti organizacijskih čimbenika i značajki sirovine.

## 2. PROBLEMATIKA I CILJ ISTRAŽIVANJA

### 2.1. Iverači

Iveranje ili usitnjavanje drva definirano je kao postupak prerade šumske biomase u oblik pogodan za korištenje u energetske svrhe, a potreba iveranja šumske biomase se zasniva na omogućavanju automatizacije rukovanja drvnom sječkom, ekonomičnijem prijevozu te lakšem sušenju i izgaranju drvne sječke (Šušnjar, 1998).

Iverač je stroj koji je specijalno konstruiran da bi drvo reducirao do drvne sječke, a može biti stacionaran ili ugrađen na vozilo, prikolicu ili kamion. Može imati vlastiti motor ili se može pokretati preko kardanskog vratila na traktoru.

#### 2.1.1. Podjela iverača

Prema Slabaku (1987) iverači se dijele na iverače priključene na poljoprivredne traktore (snage do 50 kW), djelomično pokretne iverače (ugrađene na prikolicu), te pokretne iverače ugrađene na forvarder ili kamion koji su ujedno i najveći i najsnažniji strojevi ove vrste.



Slika 1. Iverač ugrađen na poluprikolicu



Slika 2. Samohodni iverač - Albach

Hamm i dr. (1994) dijele iverače prema veličini na male, srednje i velike iverače. Mali iverači su priključeni na trozglobni hidraulični podizač traktora snage pogonskog motora od 25 kW do 66 kW, srednji su nošeni poljoprivrednim traktorima snage iznad 50 kW ili šumskim zglobnim traktorima, dok su veliki iverači ugrađeni na vozilo (forvarder ili kamion) snage pogonskog motora od 150 kW do 300 kW.

U tablici 1 prikazani su parametri pomoću kojih je moguće okvirno procijeniti učinkovitost pojedinih iverača s obzirom na veličinu. Nabavna cijena iverača, radni promjer, proizvodnost i potrošnja goriva rastu sa veličinom iverača. No, iverači srednje veličine imaju najbolji omjer proizvodnosti i potrošnje goriva što bi u konačnici trebalo rezultirati optimalnim jediničnim troškom. Primjerice, Krajnc (2011) navodi troškove iverača po radnom satu u rasponu od 15 – 22 €/h za male iverače, preko 22 – 30 €/h za srednje te 120 – 170 €/h za velike. Naravno da na odabir optimalnog iverača osim očekivanih troškova rada značajan utjecaj ima i prikladnost za usitnjavanje očekivanog tipa sirovine, osobito s obzirom na radni promjer.

Tablica 1. Parametri učinkovitosti iverača (Krajnc, 2011)

| Veličina iverača | Nabavna cijena, € | Radni promjer, cm | Proizvodnost, t/h | Potrošnja goriva, l/h |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| <b>Mali</b>      | 4500 – 35.000     | 20                | 2 – 3             | 5 – 8                 |
| <b>Srednji</b>   | 20.000 – 85.000   | 30                | 7 – 15            | 10 – 14               |
| <b>Veliki</b>    | 85.000 – 400.000  | >30               | 20 – 35           | 20 – 50               |

Trenutno se sve više koriste samohodni iverači koji zbog svoje mobilnosti imaju značajnu prednost olakšanog i brzog premještanja s jednog na drugo mjesto iveranja.

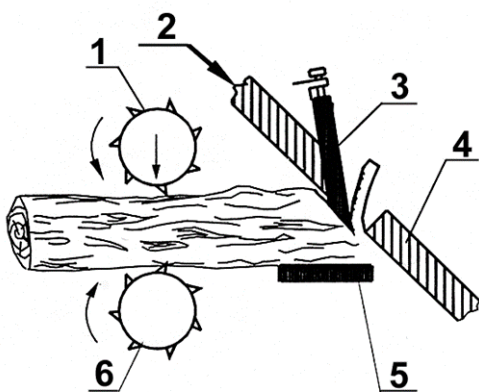
Jedan od utjecajnih čimbenika na proizvodnost stroja leži u izvedbi i principu rada iverača. S obzirom na izvedbu i princip rada, odnosno smještaj sječiva na rotoru i kut presjecanja, razlikuju se diskovni iverači, bubanjski iverači i čunjasti iverači.

Diskovni iverači imaju fiksni kut presjecanja drvnih vlakana, koji u pravilu iznosi oko idealnih 37° što pridonosi smanjenju utroška goriva i povećanju proizvodnosti. No, diskovni iverači, pogotovo oni velike snage namjenjeni su

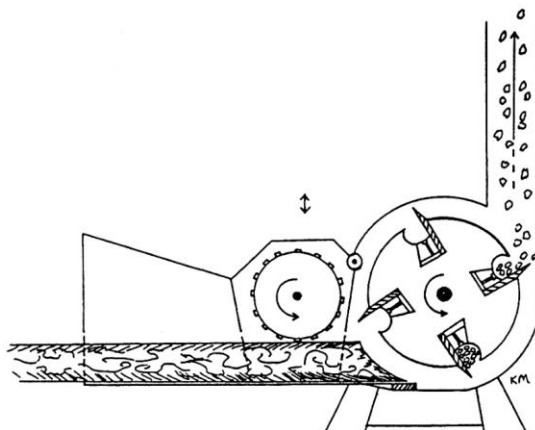
prvenstveno usitnjavanju oblog energijskog drva gdje postižu optimalnu kvalitetu sječke s obzirom na granulometrijsku strukturu koja je ponajprije uvjetovana optimalnim razmakom noža i kontra-noža, jer većina diskovnih iverača nije opremljena sitom.

Bubanjski iverači prikladniji su za rad u šumi, odnosno pomoćnim stovarištima, a učinkovito mogu, uz oblo energijsko drvo, usitnjavati i šumski ostatak.

S obzirom na konstrukciju, odnosno smještaj i raspored sječiva, kod bubanjskih je iverača kut presjecanja drvnih vlaknaca varijabilan u rasponu od 34° do 79°. Osnovna je prednost bubanjskih iverača opremljenost sitom, odnosno sitima različitih dimenzija otvora, kojim je moguće regulirati granulometrijsku strukturu.



Slika 3. Princip rada diskovnog iverača  
(Kaltschmitt i Hartmann, 2001)



Slika 4. Princip rada bubanjskog iverača  
(McCallum, 1997)

### 2.1.2. Proizvodnost iverača

Iveranje se može obavljati u šumi, šumskoj cesti, pomoćnom stovarištu ili u industrijskom postrojenju. Iveranje u šumskim sastojinama se rijetko koristi. Najčešće se drvna sječka proizvodi na šumskoj cesti i nakon toga se prevozi kamionima do energane ili terminala odakle će se kasnije transportirati pomoću željeznica, brodova i sl.. Veliki problem iveranja na šumskoj cesti je ograničen prostor kretanja iverača i kamiona, jer se drvna sječka izravno ivera u kamion koji bi trebao biti smješten

neposredno uz iverač. Kod ove vrste iveranja postoji i problem neusklađenosti kamiona i iverača, ali i mehanizacije za primarni transport drvene sirovine iz sastojine do pomoćnog stovarišta (u slučaju da prethodno nije obavljeno uhrpavanje na pomoćnom stovarištu) zbog čega nastaju organizacijski prekidi rada koji dodatno smanjuju učinak.

Iveranje kod energane čini transport i iveranje međusobno neovisnim pri čemu se sirovina transportira u obliku šumskog ostatka, cijelih stabala(ca) ili oblog energijskog drva. Nedostatak iveranja biomase kod energane je potreba za velikim stovarišnim prostorom transportirane drvene sirovine, ali i problematičan daljinski transport šumskog ostatka.



Slika 5. Skladišni prostor drvene sječke, „UNI VIRIDAS“ Babina Greda

Spinelli i Visser (2009) provode istraživanje rada iverača kroz 63 studija vremena u kojima je snimljeno ukupno vrijeme rada od 524 sata. Prekidi rada su ocjenjeni kao jedan od glavnih čimbenika koji ograničavaju proizvodnost iverača u većini snimljenih operacija i stoga se veći dio istraživanja temeljio na prekidima rada. Definirane su tri kategorije prekida. Prekidi zbog mehaničkih razloga (kvarovi, promjene noževa, održavanje), prekidi operatera (pauza, fiziološke potrebe, telefonski

pozivi) i organizacijski prekidi (čekanje i promjena kamiona, čekanje sirovine). Ukupna prosječna iskorištenost iverača iznosila je 73,8 % ukupnog vremena rada, dok u ostatak spadaju prekidi uzrokovani prethodno navedenim razlozima. U dvije trećine ukupnih prekida rada razlog su organizacijski prekidi, a ostalih nešto manje od 10 % spadaju u mehaničke i prekide operatera.

U istraživanju o proizvodnosti i troškovima iverača Morbark pri iveranju oblog energijskog drva iz prve prorede šumske kulture bora, koja je izvezena forvarderom na pomoćno stovarište, provedena je studija vremena na razini radnoga ciklusa pri iveranju sedam složaja oblovine (Ghaffarian i dr., 2013). Rukovatelj je imao idealne uvjete za rad stroja te je većinu radnoga vremena (83,99 %) utrošio na iveranje. Zastoji u radu su objedinjeni u tri kategorije: osobne, mehaničke i organizacijske. Glavni organizacijski zastoj nastao je prilikom čekanja kamiona (4,37 % radnoga vremena), dok su mehanički zastoj i zastoj zbog osobnih potreba sudjelovali u postotku manjem od 1 %.

Na proizvodnost iverača prema Kuhmaieru i dr. (2018) uvelike utječe mjesto iveranja drvene sirovine (pomoćno stovarište ili energana), vrsta i oblik sirovine (ovršine, višemetarsko oblo energijsko drvo ili snopovi), stanje noževa te konfiguracija sita. Isti autori navode kako se najveći gubici vremena prilikom iveranja na uskoj šumskoj cesti događaju prilikom čekanja i promjene kamiona, dok u energani ima više prostora za promjenu transportnih sredstava. Ovisno o vrsti sirovine koja se ivera, proizvodnost u energani mogla bi se povećati za 43 % u odnosu na iveranje na šumskoj cesti, što bi dovelo do smanjenja troškova iveranja između 0,11 i 1,02 €/m<sup>3</sup> (Kühmaier i dr. 2016).

Važna stavka u proizvodnosti iverača je njegova pokretljivost. Prema istraživanju koje su proveli Spinelli i Hartsough (2001) samohodni iverači imaju bolju pokretljivost u odnosu na nošene iverače. Razlog tome je što operater mora prekinuti rad te preći u stroj koji nosi iverač kako bi ga premjestio na drugu poziciju iveranja. Navedeno je istraživanje pokazalo kako je iskorištenost iverača u energani u kojoj je iverač neovisan o čekanju kamiona iznosila 85 % ukupnog vremena rada (Spinelli i Hartsough, 2001).

Stanje noževa utječe na trajanje iveranja; ono se produljuje što su noževi tuplji te ih je potrebno redovito oštriti. Povećavanje učestalosti oštrenja noža dovodi do povećanja troškova amortizacije noževa, ali poboljšava rad stroja i smanjuje troškove iveranja (Spinelli i dr. 2014). Oštrenje i zamjena noža zahtijeva više prekida rada, pa je potrebno pronaći optimalni vremenski interval između tih postupaka (Eriksson i dr. 2013).

Spinelli i dr. (2011) utvrđuju da vrsta drva i udio vode imaju sekundarni utjecaj na proizvodnost iverača i potrošnju goriva te da je ona u prvom redu uvjetovana veličinom komada sirovine.

Tijekom terenskih ispitivanja iverača Kuptz i Hartmann (2014) zaključuju da najviša stopa protoka materijala nužno ne rezultira i najvećom učinkovitošću jer strojevi sa snagom motora između 200 i 399 kW imaju nižu specifičnu potrošnju energije u odnosu na strojeve > 400 kW. Razlog tome je znatno veća satna potrošnja goriva (l/h) većih strojeva, dok se količine protoka materijala kroz iverač neznatno povećavaju zbog nedostatka optimalnog materijala koji bi zadovoljio njegove „apetite“. Prema tome, veliki iverači imaju puno veću proizvodnost u idealnim radnim uvjetima gdje su im dostupne velike količine drvne sirovine na jednom mjestu te jedino na takav način mogu iskoristiti svoj puni radni kapacitet. Stoga se strojevi u klasi od 200 do 399 kW smatraju prikladni za proizvodnju drvne sječke u uobičajenim radnim uvjetima.

Tablica 2. Odnos snage iverača i učinka na potrošnju goriva (Kuptz i Hartmann, 2014)

| Snaga iverača, kW | Učinak, t/h | Potrošnja goriva, l/h |
|-------------------|-------------|-----------------------|
| ≥400              | 25,5 ± 9,2  | 60,3 ± 17,3           |
| 300 – 399         | 19,1 ± 5,4  | 47,2 ± 13,5           |
| 200 – 299         | 17,1 ± 4,7  | 39,2 ± 14,0           |
| 100 -199          | 10,4 ± 0,6  | 37,3 ± 3,9            |



## 2.2. Cilj istraživanja

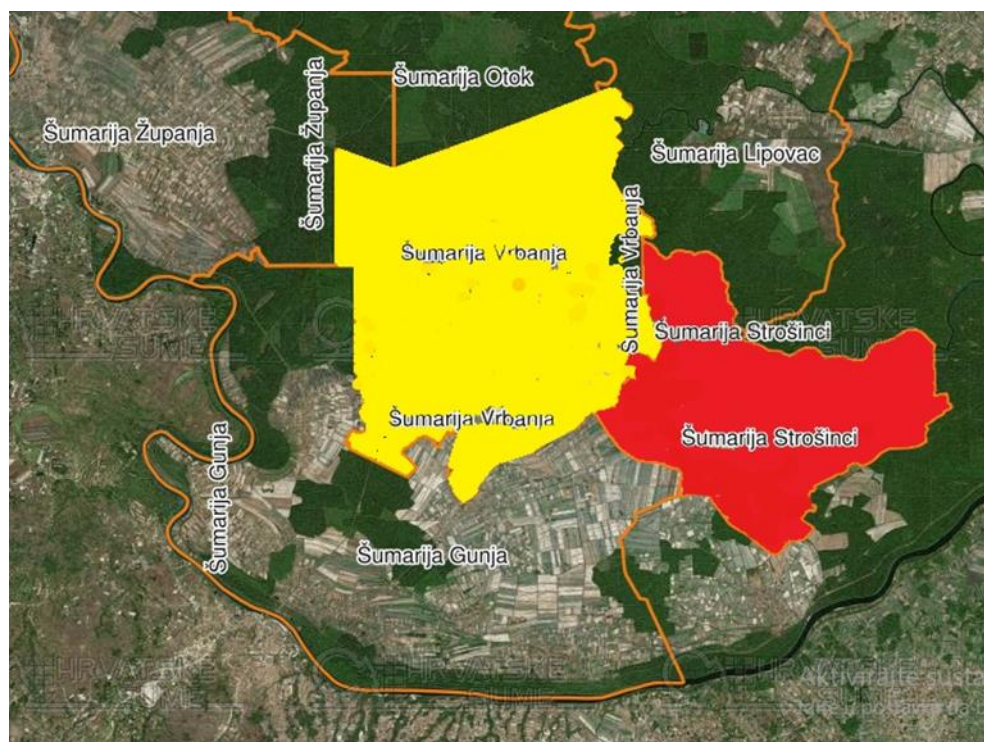
Cilj istraživanja bio je utvrditi intenzitet kojim pojedini čimbenici utječu na proizvodnost iverača. Prilikom provođenja studija rada i vremena u svrhu utvrđivanja strukture vremena i proizvodnosti evidentirani su i podaci o značajkama sirovine, čimbenicima organizacije radilišta te postavkama i stanju iverača.

Na temelju terenskih mjerenja rada iverača planira se primjenom matematičko-statističkih metoda utvrditi utjecaj pojedinih čimbenika na proces iveranja.

### 3. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Mjesto istraživanja

Istraživanje je provedeno na području šumarija Strošinci i Vrbanja. U Šumariji Strošinci istraživanje se odvijalo u gospodarskoj jedinici „Debrinja“, gdje su iverane ovršine izvezene na pomoćno stovarište iz odsjeka 98e, 98g, 99b, 100b i 101a (radilište Strošinci), a u Šumariji Vrbanja u gospodarskoj jedinici „Vrbanjske Šume“ gdje su iverane ovršine izvezene iz odsjeka 103a (radilište Vrbanja).



Slika 6. Mjesto istraživanja – šumarije Vrbanja i Strošinci

Šume ovih gospodarskih jedinica zauzimaju jugoistočni dio Spačvanskog bazena. Taj kompleks obuhvaća jedinstvene nizinske šume hrasta lužnjaka u Hrvatskoj i u Europi. Smješten je uz lijevu obalu Save (jugoistok-jug) na potezu od Županje do granice s Republikom Srbijom, s istočne strane omeđen je državnom granicom sve do sela Nijemci, zatim sa sjevera cestom Nijemci – Komletinci – Otok i konačno sa sjevera granica ide ljetnim putem od Otoka do Županje (Rauš, 1972).

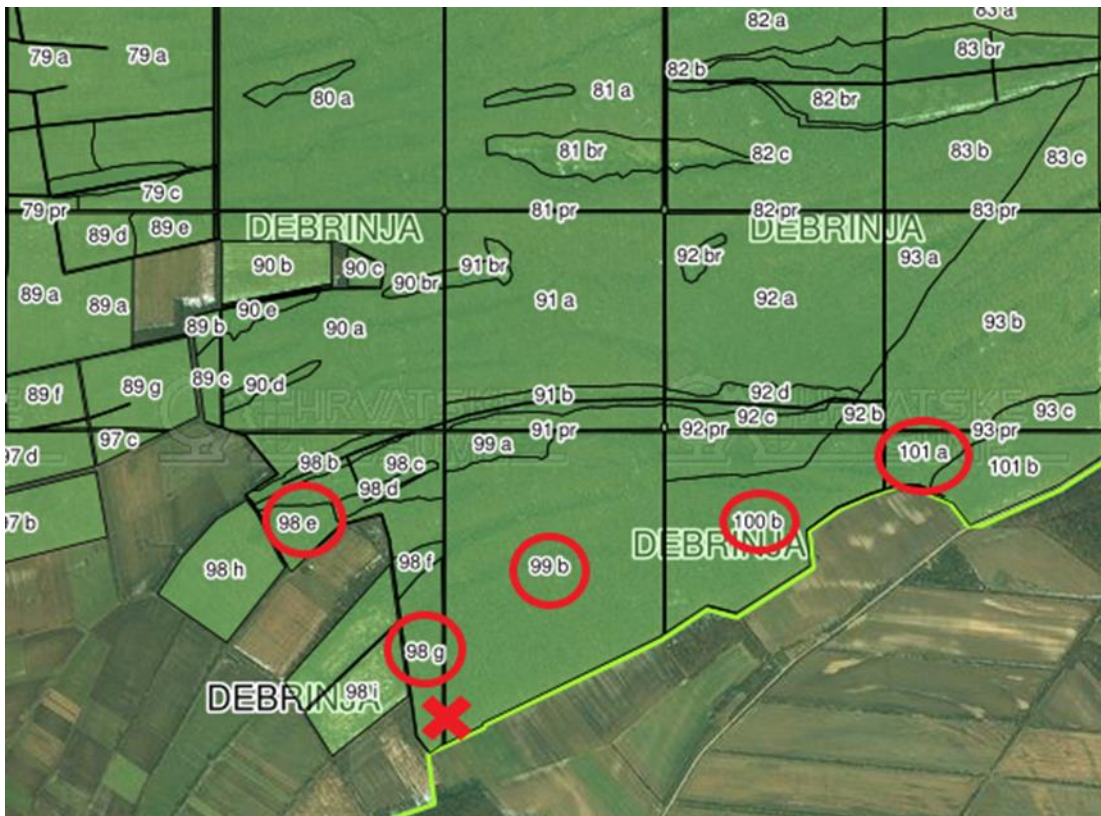
Šume Spačvanskog bazena raspoređene su na 11 gospodarskih jedinica kojima gospodari 8 šumarija (Vinkovci, Cerna, Otok, Vrbanja, Strošinci, Lipovac, Županja i Gunja). Rasprostiru se na površini oko 40.000 ha u Hrvatskoj te zajedno sa dijelom šuma u Vojvodini čini kompleks od 60.000 ha.

Najzastupljenija vrsta je hrast lužnjak, dok uz njega dolazi još poljski jasen, obični grab, klen, malolisna lipa, vez te druge slabije zastupljene bjelogorične vrste.

### 3.1.1. Radilište Strošinci

Šume gospodarske jedinice „Debrinja“ sačinjavaju cjeloviti kompleks, a zauzimaju krajnji jugoistočni dio Spačvanskog bazena. Sa sjeverne strane omeđena je vodotocima Koritanj i Studva, odnosno šumama gospodarske jedinice „Topolovac“ i šumama šumskog gazdinstva iz Srijemske Mitrovice, sa istočne vodotocima Smogva i Debrinjica, sa jugoistočne cestom Jamena – Morović („Filipov put“), sa južne graniči s poljoprivrednim površinama sela Soljani i Strošinci, dok se sa zapadne strane XXIV prosjekom naslanja na sastojine gospodarske jedinice „Vrbanjske šume“.

Odsjeci 98e, 98g, 99b, 100b i 101a iz kojih potječe sirovina koja je iverana pripadaju fitocenozi šuma hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom i žestiljem (*Genisto elatae-Quercetum roboris aceretosum tatarici* Rauš 1971). Ovo je biljna zajednica nešto nižih, manje ocjeditih terena na kojima se poplavna voda samo kraće vrijeme zadržava. Hrast lužnjak ovdje dominira, premda u ovoj jedinici ne tvori čiste sastojine zbog znatnije primjese poljskog jasena. U ovoj zajednici pridolaze i brijest (vez), klen, divlje voće (kruška, trešnja i jabuka), žestilj (*Acer tataricum*) i poneki grab.



Slika 7. Odsjeci 98e, 98g, 99b, 100b, 101a, G.J. „Debrinja“ i mjesto iveranja (X)  
[\(http://javni-podaci.hrsume.hr/\)](http://javni-podaci.hrsume.hr/)

U navedenim odsjecima napravljen je pripremni sijek, a nakon izvoženja tehničke oblovine ovršine su izvožene forvarderima na pomoćno stovarište formirano uz rub odsjeka 99b kojim prolazi šumska cesta. Izvoz i iveranje provodili su se paralelno, s tim da je operater forvardera složajeve formirao na mjestima gdje se nije obavljalo iveranje kako ne bi ometao rad iverača.

U ukupnoj iveranoj sirovini ovršine klena su činile 60 – 70 %, dok je ostatak činio poljski jasen, obični grab, lužnjak i OTB.



Slika 8. Uhrpana sirovina na radilištu Strošinci

### 3.1.2. Radilište Vrbanja

Šume gospodarske jedinice „Vrbanjske Šume“ prostiru se u širem smislu riječi na dijelu velike Panonske ravni, točnije dio su posavske nizine na nadmorskoj visini od 78 do 85 metara. U ne tako davnoj prošlosti ovo područje je često bilo plavljeno. Izgradnjom savskog nasipa, regulacijom glavnih tokova i izgradnjom kanala znatno se izmijenio vodni režim nadzemnih i podzemnih voda što je utjecalo na ekološke i biološke značajke ovih šuma. Gospodarska jedinica “Vrbanjske šume” zauzima sredinu južnog dijela spačvanskog bazena. Južnim dijelom (odjeli 1-3) graniči sa šumama gospodarske jedinice “Trizlovi – Rastovo” šumarije Gunja.

Odsjek 103a iz kojeg se izvozila sirovina za iveranje pripada fitocenozi šuma hrasta lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris typicum* Rauš 1969). Hrast lužnjak u ovoj biljnoj zajednici nalazi optimalne uvjete za svoj rast, a u društvu s grabom, klenom i lipom postiže i najvredniju drvenu masu. Ovoj zajednici

pripadaju najljepše i nadaleko poznate sastojine spačvanskog bazena koje zauzimaju najocjeditije i najviše terene – „grede" koje u pravilu imaju i najveću nadmorsku visinu. Glavne vrste drveća u ovoj fitocenozi su osim hrasta lužnjaka, poljski jasen,obični grab, klen i dr.

Istraživanje se odvijalo na pomoćnom stovarištu formiranom duž šumske ceste koja se pruža uz odsjek 103a. Pripremni sijek u odsjeku obavljen je u krajem 2018. Po završetku sječe i izrade izvezena je tehnička oblovina. Ovršine su forvarderima izvezene na pomoćno stovarište u srpnju, a složajevi su formirani na odvodni jarak kako bi potpuno oslobodili cestu te omogućili nesmetan mimoilazak iverača i kamiona tijekom iveranja.



Slika 9. Odsjek 103a, G.J. „Vrbanjske Šume“ i mjesto iveranja (X)  
(<http://javni-podaci.hrsume.hr/>)

Prema planu proizvodnje, omjeri sirovine izvezene na pomoćno stovarište u obliku ovršina iznosili su za obični grab 40 %, za poljski jasen 31 %, klen 14 %, dok su ostalih 15 % činili ostala tvrda bjelogorica, malolisna lipa, hrast lužnjak i topola.



Slika 10. Uhrpana sirovina na radilištu Vrbanja

### 3.2. Materijal istraživanja

Studij rada i vremena iverača proveden je tijekom radnog procesa iveranja iveračem Albach Diamant 2000. Tijekom istraživanja na istom su iveraču radila dva operatera, jedan na radilištu Strošinci, drugi na radilištu Vrbanja. Oba operatera imaju višegodišnje iskustvo rada na navedenom stroju. Stoga se pretpostavlja da je utjecaj operatera na rezultate istraživanja minimalan.

Istraživani iverač, Albach Diamant 2000, smatra se jednim od najsnažnijih i najfleksibilnijih strojeva svoje vrste. Karakterizira ga posebno izrađen računalni sustav koji mu omogućava proces iveranja i transporta u razmaku od 20 sekundi. Dimenzije

istraživanog iverača su u gabaritima koji mu omogućavaju vožnju po javnim cestama, a brzina koju postiže u vožnji je do 70 km/h zbog čega se može kretati čak i autocestama te time nosi status u potpunosti samohodnog iverača ([http://www.albach-maschinenbau.de/de\\_DE/](http://www.albach-maschinenbau.de/de_DE/)).

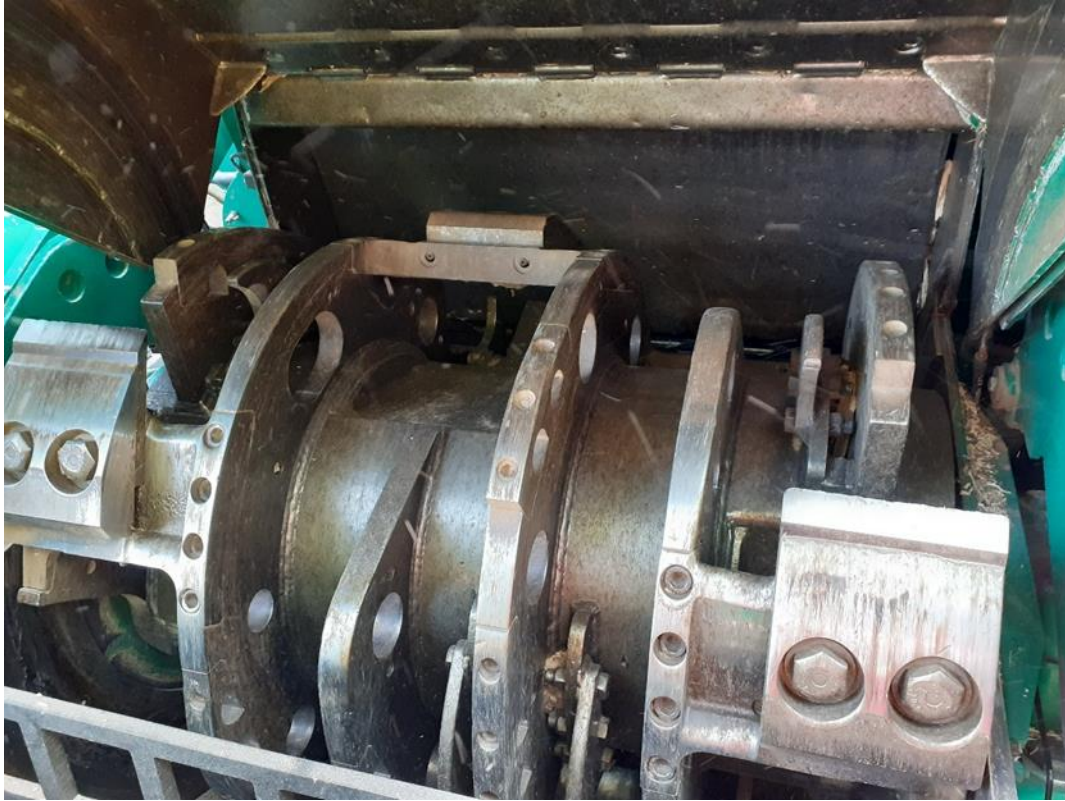
Masa je istraživanog iverača 32 t, a pokreće ga vlastiti Volvo motor snage 565 kW. Dizajn mjenjača i hidraulike osiguravaju snažan, dinamičan i ekonomičan rad, s dovoljnom snagom motora i niskom potrošnjom goriva ([http://www.albach-maschinenbau.de/de\\_DE/](http://www.albach-maschinenbau.de/de_DE/)).



Slika 11. Motor iverača Diamant 2000 ([http://www.albach-maschinenbau.de/de\\_DE/](http://www.albach-maschinenbau.de/de_DE/))

Istraživani je iverač opremljen rotorom generacije 7 sa 6 lako promjenjivih čeličnih noževa kojima se po potrebi može mijenjati kut sječenja, a brzina okretaja bubnja se kreće do 420 o/min ([http://www.albach-maschinenbau.de/de\\_DE/](http://www.albach-maschinenbau.de/de_DE/)).





Slika 12. Rotor generacije 7 s noževima

Kran dizalice istraživanog iverača ima doseg 10,1 m i radijus okretanja  $240^\circ$ . Radijus okretanja tornja za istovar je  $360^\circ$  što omogućuje pomicanje preko kabine stroja te na taj način smanjuje potrebu za prostorom na mjestu iveranja, tj. kamion za prijevoz drvne sječke može biti smješten neovisno o položaju iverača (ispred, iza ili s bočne strane).



Slika 13. Prikaz radijusa okretanja kрана dizalice i tornja za istovar ([http://www.albach-maschinenbau.de/de\\_DE/](http://www.albach-maschinenbau.de/de_DE/))

### 3.3. Metode istraživanja

Prije provođenja istraživanja odabrano je prikladno mjesto istraživanja (radilište Strošinci i radilište Vrbanja) i prikladan objekt istraživanja (iverač Albach Diamant 2000). Dogovoren je termin provođenja studija rada i vremena sukladno predviđenom broju potrebnih dana, odnosno nužnom broju tovara kamiona kako bi se nakon završetka terenskog dijela istraživanja mogle provesti odgovarajuće matematičko-statističke analize.

Prije provođenja studija rada i vremena utvrđena je vrsta sirovine te organizacijski (npr. položaj kamiona u odnosu na iverač i udaljenost zamjene kamiona) i ostali parametri koji potencijalno utječu na proizvodnost stroja.

Utrošci vremena iveranja, odnosno vremena prekida iveranja evidentirani su na zasebne snimačke listove za svaki svaki tovar kamiona. Prilikom evidentiranja vremena prekida zabilježen je i razlog prekida, a kasnijim analizama su slični prekidi objedinjeni u manji broj kategorija.

Evidentirana je masa svakog tovara drvene sječke temeljem službenih odvaga. Uzorak za određivanje tehničkog masenog udjela vode utvrđen je pomoću instrumenta za brzo određivanje vlage iz nasumično odabranih tovara drvene sječke tri do četiri puta dnevno.



Slika 14. Proces iveranja na radilištu Strošinci



Slika 15. Proces iveranja na radilištu Vrbanja

Istraživanje je na radilištu Strošinci provedeno krajem srpnja 2019. godine, a trajalo je pet radnih dana. Istraživanje na radilištu Vrbanja provedeno je krajem srpnja i početkom kolovoza 2019. u istom trajanju.

Nakon provedenih terenskih istraživanja sumirane su mase iziverane drvene sječke, trajanje iveranja po pojedinom tovaru i prekida iveranja po pojedinom tovaru i kategoriji za pojedina radilišta. Svi su prekidi iveranja priznati u iznosu u kojem su i evidentirani. Izračunate su i uspoređene ostvarene proizvodnosti te norme vremena. Izrađena je struktura snimljenih vremena te analizirana, uspoređujući dva istraživana radilišta.

Detaljno su analizirani prekidi rada povezani sa oštrenjem i zamjenom noževa. Utrošcima vremena za iveranje dodjeljene su binarne varijable koje predstavljaju stanje noževa („0“ – oštri noževi, „1“ – tupi noževi) na način da se utrošku vremena za iveranje onog tovara u kojem je evidentirano brušenje ili zamjena noževa dodjelila varijabla „1“. Nakon navedene analize prikazana je ovisnost utroška vremena iveranja u ovisnosti o masi tovara i stanju noževa za pojedino radilište.

#### 4. REZULTATI S RASPRAVOM

Ukupno je tijekom 10 dana provođenja istraživanja obuhvaćeno 137 tovara drvene sječke. Struktura snimljenih vremena pojedinih radnih dana prikazana je u tablici 3.

Tablica 3. Struktura snimljenih vremena i proizvedenih količina drvene sječke po danima

| Radilište | Datum      | Broj tovara u radnom danu | Ukupna masa drvene sječke, t | Ukupno trajanje iveranja, min | Ukupno trajanje prekida iveranja, min | Ukupno vrijeme, min |
|-----------|------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| Strošinci | 22.7.2019. | 15                        | 389,81                       | 410                           | 201                                   | 611                 |
| Strošinci | 23.7.2019. | 13                        | 345,05                       | 357                           | 281                                   | 638                 |
| Strošinci | 24.7.2019. | 16                        | 413,42                       | 423                           | 197                                   | 620                 |
| Strošinci | 25.7.2019. | 12                        | 304,5                        | 343                           | 246                                   | 589                 |
| Strošinci | 26.7.2019. | 15                        | 391,74                       | 411                           | 234                                   | 645                 |
| Vrbanja   | 29.7.2019. | 12                        | 327,47                       | 345                           | 192                                   | 537                 |
| Vrbanja   | 30.7.2019. | 11                        | 308,76                       | 319                           | 198                                   | 517                 |
| Vrbanja   | 31.7.2019. | 13                        | 337,77                       | 353                           | 195                                   | 548                 |
| Vrbanja   | 1.8.2019.  | 16                        | 395,11                       | 381                           | 229                                   | 610                 |
| Vrbanja   | 2.8.2019.  | 14                        | 354,44                       | 358                           | 182                                   | 540                 |

Na temelju podataka prikazanih u tablici 3 izračunata je za radilište Strošinci ostvarena norma vremena radnog zahvata iveranje u iznosu 1,05 min/t, odnosno ukupna ostvarena norma vremena (uključujući prekide iveranja) u iznosu 1,68 min/t. Na radilištu Vrbanja ostvarena norma vremena radnog zahvata iveranje izračunata je u iznosu 1,02 min/t, odnosno ukupna norma vremena (uključujući prekide iveranja) u iznosu 1,60 min/t. Dakle, na radilištu Strošinci ostvarena je proizvodnost 35,67 t/h (uključujući prekide), a na radilištu Vrbanja 37,58 t/h (uključujući prekide).

Tehnički maseni udio vode drvene sječke na radilištu Strošinci iznosio je 39,5 ±3,4% (u rasponu od 34,0 % do 44,6 %), a na radilištu Vrbanja 28,7 ±3,7 % (u rasponu od 24,0 % do 35,2 %). Navedene su razlike posljedica različitog perioda prirodnog prosušivanja te ukazuju na pozitivan efekt korištenja mogućnosti prirodnog prosušivanja u cilju smanjenja tehničkog masenog udjela vode i povećanja kakvoće drvene sječke, odnosno optimizacije energijske vrijednosti drvene sirovine za proizvodnju drvene sječke.

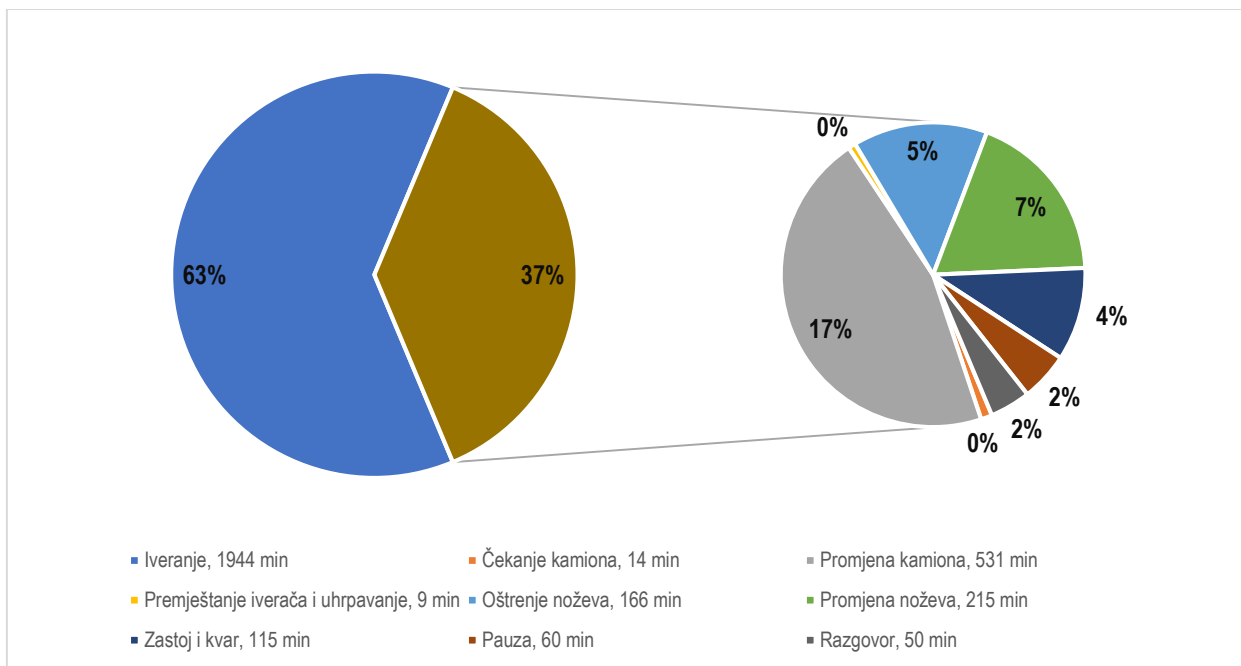
## 4.1. Struktura snimljenih vremena

Ukupna snimljena vremena su na oba radilišta raščlanjena na utrošak vremena radnog zahvata iveranje te na utrošak vremena prekida iveranja. Prekidi su dalje raščlanjeni na čekanje kamiona i promjenu kamiona, koji čine organizacijske prekide; oštrenje i promjenu noževa te zastoj i kvar koji čine tehničke prekide, premještanje iverača i uhrpavanje, koje se može smatrati povremenim radom; te pauzu i razgovor.

Bitno je naglasiti da je tijekom radnoga dana dolazilo do preklapanja pojedinih prekida rada. Tijekom čekanja i promjene kamiona po potrebi je obavljano premještanje iverača i uhrpavanje. No zbog načina obrade bilo je nužno evidentirati samo jednu kategoriju prekida i u prethodno navedenom slučaju dana je prednost kategorijama čekanje i promjena kamiona u cilju utvrđivanja utjecaja organizacije radilišta na tehnološki proces iveranja, ali i zbog relativno kratkog vremena utrošenog za premještanje iverača i uhrpavanje. Oštrenje i zamjena noževa se u pravilu nije odvijalo tijekom čekanja i zamjene kamiona, već po potrebi nakon što je operater utvrdio nužnost oštrenja, odnosno zamjene noževa po završetku iveranja cijelog tovara. S obzirom na cilj istraživanja, te relativno dugo pojedinačno trajanje navedenih kategorija prekida prednost je pri evidentiranju prekida dana oštrenju i zamjeni noževa čak i u onim slučajevima kada na radilištu u istom vremenu nije bio prisutan kamion, što se dogodilo u svega nekoliko slučajeva.

### 4.1.1. Struktura snimljenih vremena na radilištu Strošinci

Od ukupnog vremena koje je iznosilo 3103 minute, 63 % vremena čini vrijeme radanog zahvata iveranje, dok ostalih 37 % čine prekidi iveranja. Od navedenih 37 %, na slici 16 je prikazano koji su razlozi prekida iveranja te koliko svaki od njih sudjeluje u strukturi ukupnog vremena.



Slika 16. Struktura snimljenih vremena na radilištu Strošinci

Detaljnija analiza prekida rada iverača na radilištu Strošinci pokazuje da promjena kamiona iznosi 531 minutu, odnosno 17 % od ukupnog snimljenog vremena te u najvećem postotku čini prekide.

Po duljini trajanja, sljedeći je prekid rada promjena noževa. Na ovom radilištu obuhvaća 215 minuta ukupnog snimljenog vremena iveranja, što iznosi 7 %.

Nakon promjene noževa, slijedi oštrenje noževa koje traje 166 minuta, što odgovara postotku od 5 %.

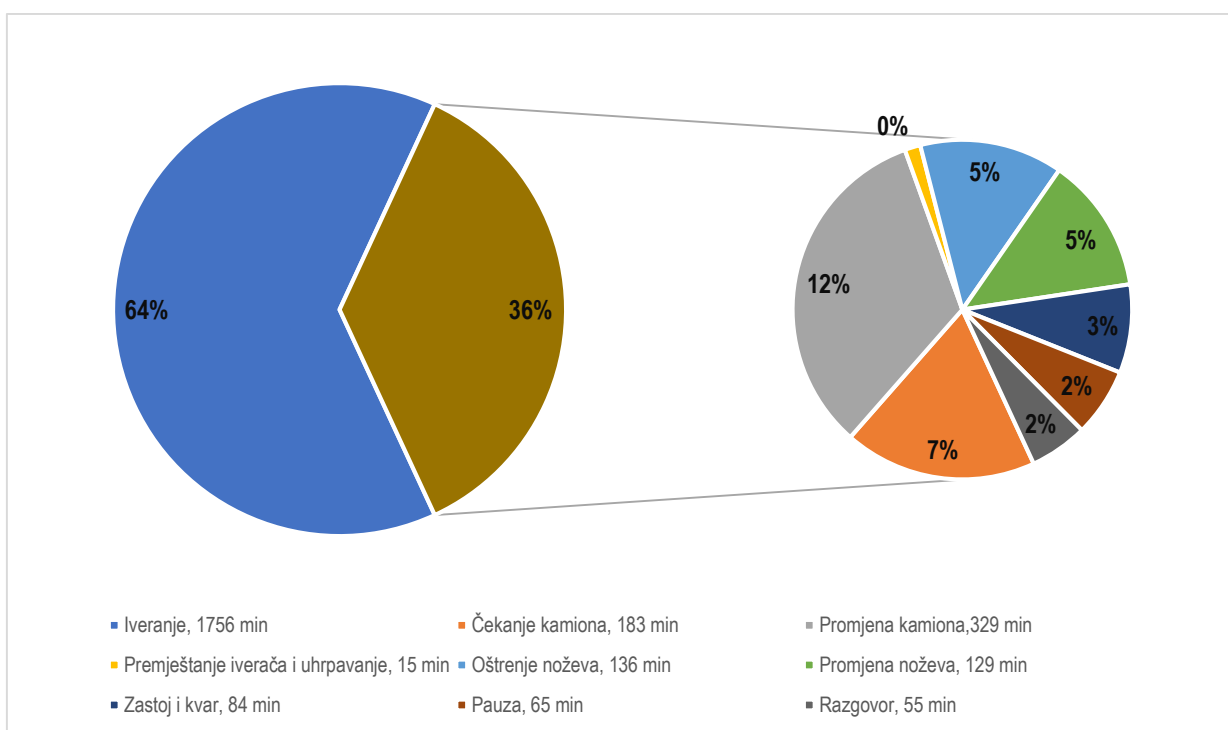
U nešto manjem postotku, točnije 4 % ukupnog snimljenog vremena utrošeno je na zastoj i kvar iverača. Ukupno je navedeno iznosilo 115 minuta.

Razgovor i pauza svaki iznose 2 % ukupno snimljenog vremena. Na pauzu je potrošeno 60 minuta, a na razgovor 50 minuta.

Prekidi koji su u najmanjem postotku sudjelovali u strukturi snimljenog vremena na radilištu Strošinci bili su čekanje kamiona koje je iznosilo 14 minuta i premještanje iverača i uhrpavanje koje je iznosilo 9 minuta. Ukupno ova dva prekida čine manje od 1 % ukupnog snimljenog vremena.

#### 4.1.2. Struktura snimljenih vremena na radilištu Vrbanja

Od ukupnog snimljenog vremena koje je iznosilo 2752 minute, 64 % vremena čini vrijeme radanog zahvata iveranje, dok ostalih 36 % čine prekidi iveranja. Od navedenih 36 %, na slici 17 su prikazani razlozi prekida iveranja te koliko svaki od njih sudjeluje u strukturi ukupnog vremena.



Slika 17. Struktura snimljenih vremena na radilištu Vrbanja

Analiza vremena prekida na radilištu Vrbanja pokazuje da promjena kamiona iznosi 329 minuta, što je 12 % ukupnog snimljenog vremena te navedeni prekid u najvećem postotku sudjeluje u vremenu prekida.

Po duljini trajanja prekida, sljedeći je prekid čekanje kamiona. Na ovom radilištu on obuhvaća 183 minute ukupnog snimljenog vremena vremena iveranja, što iznosi 7 %.



Nakon čekanja kamiona, slijede oštrenje te promjena noževa, koji svaki sudjeluju sa 5 % ukupnog snimljenog vremena; točnije oštrenje noževa iznosi 136 minuta, a promjena 129 minuta.

U nešto manjem postotku sa 3 % ukupnog snimljenog vremena sudjeluju zastoje i kvar iverača. Ukupno je navedeni prekid iznosio 84 minute.

Razgovor i pauza svaki iznose 2 % ukupnog snimljenog vremena; na pauzu je utrošeno 65 minuta, a na razgovor 55 minuta.

Prekid koji je u najmanjem postotku prisutan u ukupnom snimljenom vremenu na radilištu Vrbanja je premještanje iverača i uhrpavanje, koje je iznosilo 15 minuta, odnosno manje od 1 % ukupnog snimljenog vremena.

#### 4.2. Usporedba radilišta s obzirom na strukturu snimljenih vremena

Iz analize ukupnih snimljenih vremena može se vidjeti da postotni udio vremena iveranja i prekida rada na oba radilišta pokazuje gotovo jednake rezultate.

Promjena kamiona uvelike je utjecala na ukupno trajanje tehnološkog procesa, a time i na proizvodnost iverača. Navedeno je posebno vidljivo na radilištu Strošinci gdje je udaljenost mjesta iveranja i okretnice iznosila do 750 m, što odgovara duljini jednog odjela. Naime, s obzirom da se iveranje obavljalo na sporednoj šumskoj cesti koja završava na kraju odjela, prazan kamion se morao okrenuti na okretnici te vratiti do mjesta iveranja. Za promjenu je kamiona na radilištu Strošinci utrošena ukupno 531 minuta, što iznosi 17 % ukupnog snimljenog vremena, odnosno 0,29 min/t. Na radilištu Vrbanja pomoćno je stovarište bilo smješeno uz glavnu šumsku cestu, odnosno kamion je imao jedan smjer kretanja u kojem se nakon punjenja nastavio kretati istim. Zbog navedene organizacije, na promjenu je kamiona utrošeno 329 minuta, tj. 12 % ukupnog snimljenog vremena, odnosno 0,19 min/t.

Ponekad je tokom iveranja potrebno premještanje iverača i kamiona na drugu poziciju rada te dodatno uhrpavanje sirovine na pomoćnom stovarištu. Ovaj prekid je zabilježen u zanemarivom postotku na oba radilišta.

Također problem nastaje kada se tovar kamiona napuni i kamion odlazi, a novi nije došao na mjesto iveranja. U tom slučaju iverač prekida s radom i čeka dolazak kamiona te se na taj način smanjuje proizvodnosti. Rješenje je razdvajanje radnog procesa, pri čemu strojevi postaju neovisni jedan o drugom, ali to iziskuje veliki prostor gdje se odvija iveranje, ali i dodatne troškove koji nastaju pri utovaru u kamion. Istraživanjem je na radilištu Strošinci zabilježeno čekanje kamiona u trajanju od 14 minuta, što je manje od 1 % ukupnog vremena rada, dok je u Vrbanji taj postotak 7 % i iznosi 0,11 min/t. Razlog tome je manjak broja kamiona na radilištu Vrbanja koji je nastao zbog povećane udaljenosti daljinskog transporta drvne sječke po šumskoj cesti.

Sljedeći je značajni čimbenik postupak oštrenja i/ili promjene noževa. Prema rezultatima istraživanja promjena noževa čini 5 – 7 % ukupnog vremena rada, dok oštrenje u oba slučaja iznosi 5 %. Dodatnom analizom pokazalo se da je na području radilišta Strošinci bilo potrebno u prosjeku oštriti ili mijenjati nož svake 122,97 t, dok je na radilištu Vrbanja isto bilo nužno nakon svake 143,64 t. Odnosno, za oštrenje i promjenu noževa je na radilištu Strošinci utrošeno 0,21 min/t, a na radilištu Vrbanja 0,15 min/t. Razlog češćeg oštrenja, odnosno promjene noža na radilištu Strošinci je veća količina blata koja se nalazila na sirovini. Naime, strana tijela i blato oštećuju i tupe nož puno brže nego što je to slučaj prilikom iveranja nekontaminirane sirovine.

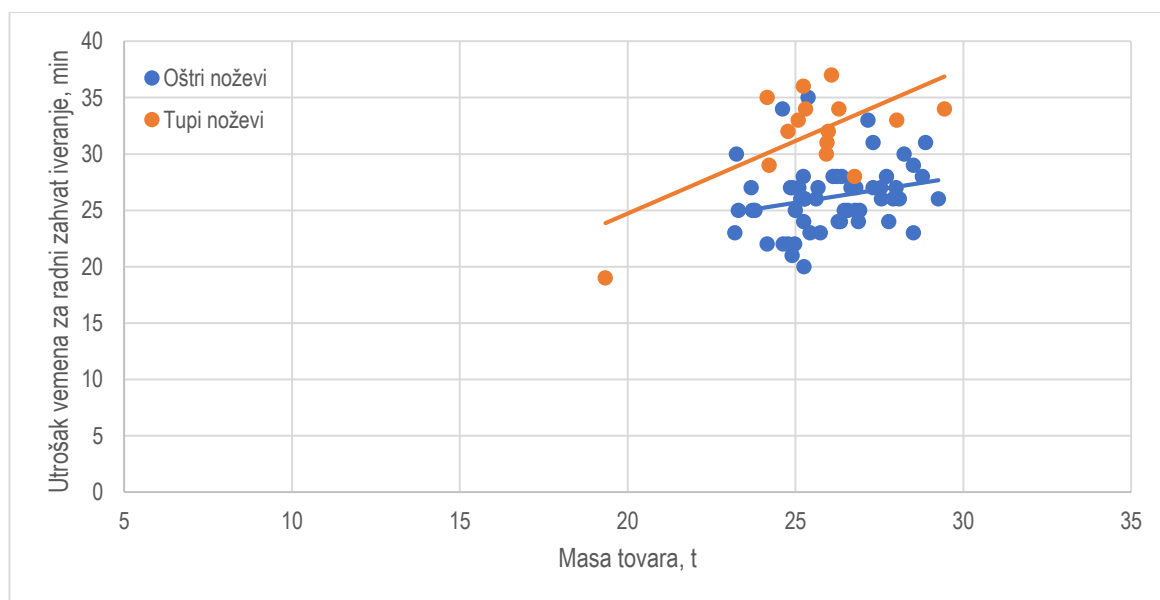


Slika 18. Oštrenje noževa na iveraču

Kvarovi, razgovori i pauze sastavni su dio svakodnevnog rada. Manji kvarovi koji sprječavaju nastavak proizvodnje se povremeno događaju, ali se hitno otklanjaju i ne utječu znatno na nastavak proizvodnje. U svrhu sprječavanja većih kvarova i dužeg prekida rada iverača potreban je redovni preventivni pregled stroja što se kod istraživanog iverača obavljalo svaki dan nakon radnog vremena i nije evidentirano ovim istraživanjem. U okviru redovnog preventivnog pregleda stroja noževi su iverača ili naoštreni ili promijenjeni.

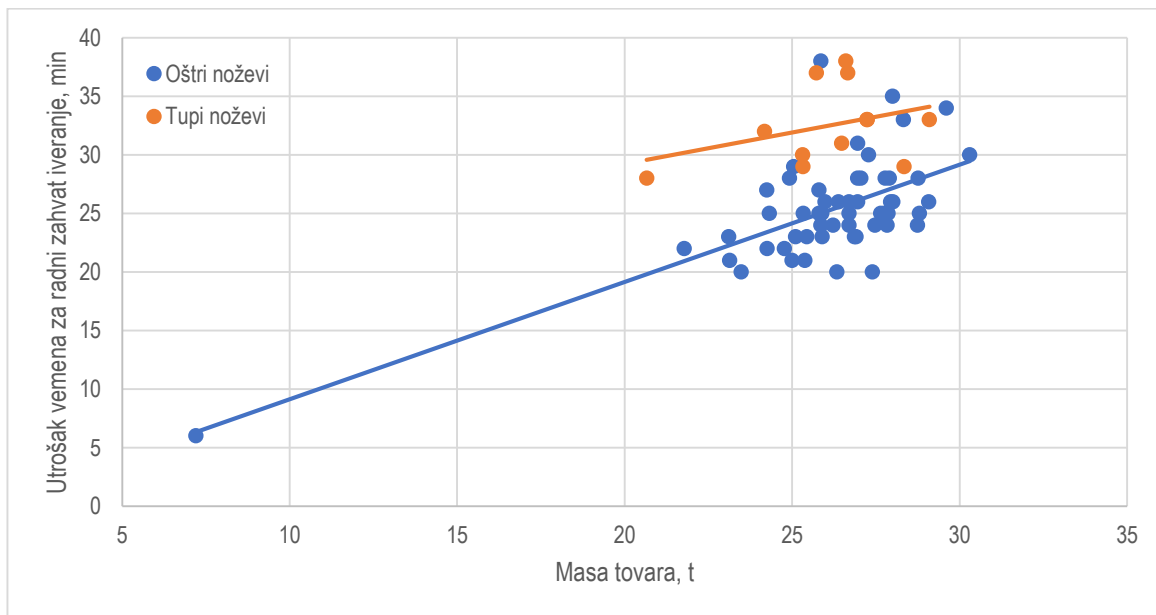
#### 4.3. Utjecaj stanja noževa na utrošak vremena za iveranje

Analiza utjecaja stanja noževa iverača na utrošak vremena iveranja po pojedinom tovaru (masi tovara) na oba radilišta ukazuje na činjenicu da se korištenjem oštrog noževa uvelike smanjuje potrebno vrijeme radnog zahvata iveranje. Osim navedenog, iveranje tupim noževima zasigurno povećava i potrošnju goriva, no isto nije bilo predmet ovog istraživanja. Dakle, redovito oštrenje i zamjena noževa ima višestruke pozitivne efekte i na proizvodnost iveranja, ali i na ukupnu učinkovitost. No, oštrenje, odnosno zamjena noževa treba se promatrati i kao prekid, posebice u slučaju kada se ne preklapa sa organizacijskim prekidima.



Slika 19. Ovisnost utroška vremena iveranja o masi tovara i stanju noževa na radilištu Strošinci

Na radilištu Strošinci norma vremena radnog zahvata iveranje iznosi 1,00 min/t pri korištenju oštih noževa, a 1,25 min/t pri korištenju tupih noževa. Na radilištu Vrbanja norma vremena radnog zahvata iveranje iznosi 0,97 min/t pri korištenju oštih noževa, a također 1,25 min/t pri korištenju tupih noževa. Dakle, može se zaključiti da je korištenje tupih noževa rezultiralo utroškom dodatnih 25 % vremena za radni zahvat iveranje u odnosu na korištenje oštih noževa.



Slika 20. Ovisnost utroška vremena iveranja o masi tovara i stanju noževa na radilištu Vrbanja

#### 4.4. Utjecaj tehničkog masenog udjela vode na utrošak vremena za iveranje

Tehnički maseni udio vode koji je na radilištu Vrbanja bio prosječno 10,8 % manji nego na radilištu Strošinci nije značajno utjecao na normu vremena radnog zahvata iveranje kada se promatra utrošak vremena u odnosu na količinu proizvedene drvene sječke iskazanu u tonama prema odvagama. Utjecaj tehničkog masenog udjela vode nije utvrđen s obzirom da je razlika u normi vremena radnog zahvata iveranje iznosila svega 0,02 min/t, a bila je manja na radilištu Vrbanja (1,02 min/t) nego na radilištu

Strošinci (1,05 min/t). Navdeni se rezultati djelomično mogu objasniti različitim omjerom vrsta u sirovini za proizvodnju drvne sječke na promatranim radilištima, snagom iverača te većom kontaminacijom sirovine zemljom na radilištu Strošinci. Za donošenje konkretnih zaključaka o utjecaju tehničkog masenog udjela vode trebalo bi provesti dodatna istraživanja u kontroliranim uvjetima sa fokusiranjem samo na tehnički maseni udio vode i limitiranjem utjecaja ostalih navedenih čimbenika.

No, kada se rezultati promatraju na razini atro tone drvne sječke, norma vremena radnog zahvata iveranje za radilište Vrbanja iznosi 1,43 min/atro t, a za radilište Strošinci 1,74 min/atro t, odnosno 21,9 % više nego na radilištu Vrbanja. Iz navedenih se rezultata vidi iznimno pozitivan efekt prirodnog prosušivanja sirovine i na tehnološki proces iveranja.

## 5. ZAKLJUČAK

Analiza i sinteza rezultata istraživanja ukazuju na sljedeće zaključke:

- Provođenje studija rada i vremena iverača, iako manje zahtjevno od istraživanja ostalih strojeva u pridobivanju drva s obzirom na relativno dugo trajanje radnih zahvata, ima svoje specifičnosti koje se očituju preklapanjem pojedinih kategorija prekida jer se u suštini promatra cjelokupni tehnološki proces uključujući i sredstva daljinskog transporta. Navedeno je nemoguće izbjeći ako se želi analizirati organizacijske prekide koji čine glavninu vremena prekida. Stoga je pri interpretaciji rezultata nužno na umu imati i činjenicu da se pojedini prekidi preklapaju, a pri evidentiranju utroška vremena snimatelj se mora odlučiti za onaj prekid koji je s obzirom na cilj istraživanja primaran.
- Navedeno preklapanje pojedinih kategorija prekida pruža mogućnost optimizacije tehnološkog procesa iveranja na način da se prilikom organizacijskih prekida – čekanja i promjene kamiona nastoje u što većoj mjeri realizirati povremeni radovi (premještanje iverača i uhrpavanje) i ostali prekidi koje je moguće predvidjeti.
- Organizacijski prekidi – utrošak vremena za čekanje kamiona i promjenu kamiona uvjetovani su smještajem pomoćnog stovarišta i rasporedom šumskih cesta, ali i dostupnošću adekvatnog broja kamiona s obzirom na udaljenost i trajanje daljinskog transporta.
- Korištenje tupih noževa rezultiralo je na oba radilišta utroškom dodatnih 25 % vremena za radni zahvat iveranje u odnosu na korištenje oštih noževa.
- Tehnički maseni udio vode koji je na radilištu Vrbanja bio prosječno 10,8 % manji nego na radilištu Strošinci nije značajno utjecao na normu vremena radnog zahvata iveranje kada se promatra utrošak vremena u odnosu na količinu proizvedene drvne sječke iskazanu u tonama prema odvagama. No, kada se rezultati promatraju na razini atro tone drvne sječke, norma vremena radnog zahvata iveranje za radilište

Vrbanja iznosi 1,43 min/atro t, a za radilište Strošinci 1,74 min/atro t, odnosno 21,7 % više nego na radilištu Vrbanja. Iz navedenih se rezultata vidi iznimno pozitivan efekt prirodnog prosušivanja sirovine i na tehnološki proces iveranja.

## 6. LITERATURA

1. Bosner, A., Nikolić, S., Pandur, Z., Benić, D., 2008: Razvoj i umjeravanje prijenosnoga sustava za mjerenje osovinskih opterećenja vozila – mjerenja na forvarderu. *Nova mehanizacija šumarstva* 29: 1–15.
2. Eriksson, G., Bergström, D., Nordfjell, T., 2013: The state of the art in woody biomass comminution and sorting in Northern Europe. *International Journal of Forest Engineering* 24(3): 194–215.
3. Ghaffarian, M., R., Sessions, J., Brown, M., 2013: Roadside Chipping in a First Thinning Operation for Radiata Pine in South Australia. *Croatian Journal of Forest Engineering* 34(1): 91–101.
4. Hamm., Đ., Goglia, V., Sever, S., 1994: Korištenje drvnog ostatka iz šumske proizvodnje za dobivanje iverja kao goriva u toplinskim generatorima. *Mehanizacija šumarstva* 19(4): 269–275.
5. Kuptz, D., Hartmann, H., 2014: Throughput Rate and Energy Consumption During Wood Chip Production in Relation to Raw Material, Chipper Type and Machine Setting, 22<sup>nd</sup> European Biomass Conference and Exhibition, Hamburg, 483–488.
6. Krajnc, N., 2011: Wood Energy Technologies, Technical report, 1-53.
7. Kühmaier, M., Erber, G., Kanzian, C., Holzleitner, F., Stampfer, K., 2016: Comparison of costs of different terminal layouts for fuel wood storage. *Renewable Energy* 87: 544–551.
8. Kühmaier, M., Erber, G., 2018: Research Trends in European Forest Fuel Supply Chains: A Review of the Last Ten Years (2007–2016). *Croatian Journal of Forest Engineering* 39(1): 139–152.
9. Osnova gospodarenja za gospodarsku jedinicu „Vrbanjske šume“.
10. Osnova gospodarenja za gospodarsku jedinicu „Debrinja“.
11. Rauš, Đ., 1972: Karta šumskih zajednica Spačvanskog bazena i okolice Vinkovaca, Grafički zavod Hrvatske, Zagreb.
12. Slabak., M., 1987: Tehnologija iveranja u proredama nizinskih šuma. *Mehanizacija šumarstva* 12(1-2): 17–22.



13. Spinelli, R., Hartsough B., 2001: A survey of Italian chipping operations. *Biomass and Bioenergy* 21(6): 433–444.
14. Spinelli, R., Visser, R., 2009: Analyzing and estimating delays in wood chipping operations. *Biomass and Bioenergy* 33(3): 429–433.
15. Spinelli, R., Magagnotti, N., Paletto, G., Preti, C., 2011: Determining the Impact of Some Wood Characteristics on the Performance of a Mobile Chipper. *Silva Fennica* 45(1): 85–95.
16. Spinelli, R., Glushkov, S., Markov, I., 2014: Managing chipper knife wear to increase chip quality and reduce chipping cost. *Biomass and Bioenergy* 62: 117–122.
17. Šušnjar, M., 1998: Istraživanje ovisnosti nekih tehničkih značajki iverača morfološkom raščlambom. *Mehanizacija šumarstva* 23(3-4): 139–150.
18. Vusić, D., 2013: Pogodnost sustava pridobivanja drvene biomase u smrekovoj šumskoj kulturi. Doktorski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u zagrebu, 1–199.
19. Vusić D., Đuka A., 2015: Značajnost šumske biomase kao obnovljivog izvora energije – utjecaj na sustave pridobivanja drva u Hrvatskoj. Savjetovanje CROJFE 2015
20. Zečić, Ž., Šušnjar, M., Vusić, D., 2012.: Potencijali i tehnologije pridobivanja šumske biomase u Hrvatskoj. *EGE : energetika, gospodarstvo, ekologija, etika* 20(2): 16–17.
21. [http://www.albach-maschinenbau.de/de\\_DE/](http://www.albach-maschinenbau.de/de_DE/)
22. <http://javni-podaci.hrsume.hr/>